

**Über das Auftreten  
von Schmorlschen Knötchen an  
normalen und an statisch  
veränderten Wirbelsäulen**

**Gerhard Glassl**







AUS DEM RONTGENINSTITUT BEI DER CHIRURGISCHEN KLINIK  
DER UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Vorstand: Prof. Dr. M. Pöschl

---

**Über das Auftreten von Schmorlschen  
Knötchen an normalen und an statisch  
veränderten Wirbelsäulen**

**Inaugural-Dissertation**

zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin  
verfaßt und  
einer Hohen Medizinischen Fakultät  
der Ludwig-Maximilians-Universität München

vorgelegt von  
**Gerhard Glassl**  
aus Karlsbad-Meierhöfen



München

1959

49/60

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät  
der Universität München

Berichterstatter: Professor Dr. M. PÖSCHL  
Mitberichterstatter: Professor Dr. R. ZENKER  
Dekan: Professor Dr. H. SCHWIEGK

Tag der mündlichen Prüfung: 15.12.1959

## INHALTSVERZEICHNIS

|                                                                                                                                                               | Seite |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Vorwort                                                                                                                                                       | 5     |
| Wirbelkörper                                                                                                                                                  | 6     |
| Zwischenwirbelscheiben                                                                                                                                        | 8     |
| Normale Physiologie und Funktion der Bandscheibe                                                                                                              | 10    |
| Verlagerung von Zwischenwirbelscheibengewebe in die Wirbelkörper                                                                                              | 13    |
| Schmorlsche Knötchen im Röntgenbild                                                                                                                           | 15    |
| Entstehung bei Traumen                                                                                                                                        | 16    |
| Häufigkeit der Knorpelknötchen                                                                                                                                | 16    |
| Knorpelknötchen und Adoleszentenkyphose                                                                                                                       | 17    |
| Untersuchungen über Beziehungen zwischen veränderten statischen Verhältnissen an der Brust- und Lendenwirbelsäule und dem Auftreten von Schmorlschen Knötchen | 26    |
| Zusammenfassung und Diskussion                                                                                                                                | 28    |
| Literaturangaben                                                                                                                                              | 30    |



## VORWORT

"Die Bandscheiben der Wirbelsäule sind nach oben und unten von der knorpelig-knöchernen Schlußplatte der Wirbelkörper und ringsherum von faserigem Bindegewebe begrenzt, das in den Längsbändern der Wirbelsäule verankert ist. In ihrer Mitte enthalten sie einen unter dauerndem Druck stehenden gallertigen Kern, den Nucleus pulposus.

Entsteht in der Schlußplatte der Wirbelkörper zum Beispiel durch ein Trauma eine Lücke, so werden durch sie hindurch gallertige Massen des Nucleus pulposus in die Spongiosa des betreffenden Wirbelkörpers vorgepreßt. Um sie herum bildet sich eine schalenartige Knorpel- und Knochenwucherung. Wir haben dann ein sogenanntes Schmorlsches Knötchen vor uns".

H. HAMPERL (1) schreibt diese Zeilen über Knorpelknötchen, die nach G. SCHMORL, der sie als Erster eingehend untersucht und beschrieben hat, auch Schmorlsche Knötchen genannt werden.

In der vorliegenden Arbeit wird die Frage untersucht, ob durch verstärkte Kyphosen und Skoliosen bedingte veränderte statische Verhältnisse der Wirbelsäule einen Einfluß auf die Bildung von solchen Schmorlschen Knötchen haben. Zum Verständnis der Entstehung der Schmorlschen Knötchen erscheint es angebracht, Einiges über Anatomie, Physiologie und Pathologie von Wirbelkörper und Bandscheibe vor auszuschicken.

## WIRBELKÖRPER

Am Ende des 4. Embryonalmonats sind bereits in allen Wirbelkörpern Knochenkerne angelegt. Diese erscheinen bei Neugeborenen in der seitlichen Röntgenaufnahme eiförmig. Ihre mittlere Höhe entspricht ungefähr der der Zwischenwirbelräume.

Vorn und hinten lassen sie geringe Einbuchtungen erkennen, während sie in der Mitte von einer horizontalen streifigen Aufhellung durchzogen werden. Einkerbungen und Aufhellungen sind von den horizontal durch den Knochenkern laufenden Gefäßkanälen hervorgerufen.

Die Wirbelkörper werden allmählich, im seitlichen Röntgenbild betrachtet, in der Form einem Rechteck ähnlich. Bei Neugeborenen ist die Form des Wirbelkörperkernes in Röntgenaufnahmen von vorn ein breites Oval und wird dann auch allmählich annähernd ein Rechteck. Die Gefäßkanäle sind bei Kindern sowohl von vorn als auch im seitlichen Röntgenbild als kleine Aufhellungen in der Mitte des Wirbelkörperschattens sichtbar. Bei der weiteren Größenzunahme der Wirbelkörper sieht man im Seitenbild stufenförmige Aussparungen an den vorderen Ecken. Bei Aufnahmen mit sagittalem Strahlengang kann man an den seitlichen Wirbelkörperecken oben und unten manchmal auch solche stufenförmige Aussparungen sehen, die aber wesentlich niedriger als die im seitlichen Bild an den vorderen Ecken sichtbaren Aussparungen sind. Es handelt sich um eine den ganzen Wirbelkörperumrand umlagernde Aussparung, die mit Knorpel gefüllt ist, der sog. "knorpeligen Randleiste". Dieser Zustand bleibt etwa bis zum 7. Lebensjahr bestehen.

In diesem Entwicklungszustand hat ein mazerierter und aus der Wirbelsäule herausgelöster Wirbelkörper ein eigenartiges Aussehen. Die Ober- und Unterflächen bestehen aus einer feinhöckrigen dünnen Knochenplatte, in der man, besonders an den Randteilen, deutlich eine feine, siebartige Durchlöcherung erkennt.

An der Grenze zwischen mittlerem und hinterem Drittel liegt eine Zone verschiedener Größe, die aus einer etwas dichteren Knochenplatte mit weniger Lücken besteht. An dieser Verstärkungsstelle liegt der Gallertkern der Zwischenwirbelscheibe, weshalb sie von SCHMORL und JUNGHANN (2) als Druckaufnahmeplatte bezeichnet wird. Nach den Rändern, besonders nach vorn zu, zeigt jede Wirbelkörperoberfläche radiär verlaufende, leistenartige Vorsprünge, die auf die Seitenfläche des Wirbelkörpers übergreifen, so daß

die Wirbelkörperperränder dadurch ein gezahntes Aussehen erhalten. Diese Vorsprünge, zwischen denen sich entsprechende flache Rinnen befinden, erstrecken sich vom Rand aus sieben bis elf Millimeter weit gegen die Mitte der Wirbelkörperoberfläche zu, indem sie allmählich an Breite und Höhe abnehmen. Auch an den hinteren Abschnitten nach dem Wirbelkanal zu finden sich drei bis sieben solche, allerdings nur kurze, Leisten und Rinnen. Vorn sind die Reifelungen stets am tiefsten ausgeprägt. Nach den seitlichen Abschnitten zu werden sie weniger tief und lang. Diese Furchenbildung erreicht etwa im achten bis zehnten Lebensjahr ihre größte Ausprägung. Die Furchen bleiben auch nach Anlegung der knöchernen Wirbelkörperperrandleisten bestehen und dienen zu deren richtiger Verzahnung. Da sie aber weiter nach der Mitte der Wirbelkörperoberflächen zu entwickelt sind, als die schmale knöcherne Randleiste, sind sie nach deren Bildung fast stets noch zu sehen. Erst nach Abschluß des Wachstums, also jenseits des 21. bis 25. Lebensjahres, glätten sich die restlichen Rifferlungen und die Oberfläche eines erwachsenen Wirbelkörpers hat dann ein ganz anderes Aussehen als die des jugendlichen. Besonders bemerkenswert ist noch, daß die Durchlöcherung der Schlußplatte des Wirbelkörpers viel großporiger geworden ist. Auf der Wirbelkörperoberfläche liegt, zwischen Wirbelkörper- und Bandscheibengewebe eingefügt, aber fest mit der Bandscheibe verbunden, eine aus hyalinem Knorpel bestehende Schicht (knorpelige Schlußplatte der Bandscheibe), die krepfenartig in die Aussparung am Wirbelkörperperrand auf die Vorder-, Seiten- und Hinterflächen des Wirbelkörpers übergreift. Sie ist an den Rändern des Wirbelkörpers mit den bereits besprochenen Leisten und Rinnen verzahnt. An der knochenwärts gerichteten Oberfläche dieser Knorpelschicht findet das Längenwachstum des Wirbelkörpers statt.

Die Knorpelplatten sind am Abschluß des Wachstums wesentlich dünner als in den ersten Lebensjahren. In den Knorpelplatten der Erwachsenen finden sich Lückenbildungen, die von SCHMORL (3) als Ossifikationslücken bezeichnet wurden; bei ihnen handelt es sich nach JUNGHANN'S (4) um schollige Zerfallsherde innerhalb der Wachstumsschicht. Die Ossifikationslücken werden auch von SCHWABE (5) beschrieben.

SCHAJOVICZ (6) ist der Meinung, daß diese Ossifikationslücken zertrümmerte Kalkherde darstellen, deren Aufgabe es ist, die Knorpelwucherungszone mit Kalkeinlagerungen zu spicken, um sie weniger beweglich zu machen.

## ZWISCHENWIRBELSCHEIBEN

Die Zwischenwirbelscheiben bestehen beim Abschluß des Embryonallebens im wesentlichen aus hyalinem Knorpel, der den etwa in der Mitte des Zwischenwirbelraumes liegenden Chordarest, den späteren Gallertkern, umschließt.

Durch die fortschreitenden Differenzierungen entstehen in den ersten Lebensjahren die nach JUNGHANNS vier bleibenden Bestandteile jeder Zwischenwirbelscheibe: Gallertkern, Faserring und die oben und unten den angrenzenden Wirbelkörpern aufliegenden beiden Knorpelplatten.

1857 bereits machte VIRCHOW anatomische Studien der Zwischenwirbelsäule. Ein Jahr später gab LUSCHKA (7) die erste genauere Beschreibung über die Zwischenwirbelsäule heraus. In den letzten 25 Jahren wurde der normalanatomische und histologische Bau der Zwischenwirbelscheibe wiederholt studiert. SCHMORL, ÜBERMUTH (8), CALVE und GALLAND (9), BEADLE (10), N. R. SMITH (11), KEYES und COMPERE (12), JUNGHANNS, SPURLING und BRADFORD (13) betrieben eingehende Studien der Zwischenwirbelsäule.

Die Bandscheibe läßt von Anfang an eine Entwicklung der Bandscheibenanlage aus drei Anteilen erkennen, einer äußeren und einer inneren Faserringanlage und dem von letzterer umschlossenen Rest der Corda dorsalis.

Die Knorpelplatten an den Wirbelkörpergrundflächen, die seit den Untersuchungen von SCHMORL mit als zur Bandscheibe gehörig gerechnet wurden, gehören nach neuerer Anschauung zum Wirbelkörper. Sie sind Reste der knorpeligen Wirbelkörperanlage und bilden in früher Jugend die Wachstumszone der Wirbelkörperknochen. Außerdem verschmilzt ein Teil der Knorpelplatte, die Randleiste, nach ihrer Verknöcherung völlig mit dem Wirbelkörper.

KEYES und COMPERE betonen gegenüber SCHMORL, daß Knorpelplatte und Randleiste genetisch einheitliche und zusammengehörige Strukturen sind. Auch die Untersuchungen der Gefäßversorgung sprechen für die Zugehörigkeit der Knorpelplatten zum Wirbelkörper. SCHMORL und JUNGHANNS, BÖHMIG (14), ÜBERMUTH u. a. beschrieben die Gefäßversorgung der Knorpelplatte durch dorsale, ventrale und axiale Äste. Es ließ sich jedoch nachweisen, daß gerade diese Äste nie in den Annulus fibrosus selbst eindringen, sondern nur so weit reichen, als von dem früheren Ossifikationszentrum der

Wirbelkörper aus die spätere Wirbelkörperepiphyse mit versorgt werden muß. Die beschriebenen Gefäße gehören also ausschließlich dem Wirbelkörperbereich an.

Der Discus selbst wird versorgt durch Gefäße welche dorsolateral, von außenher, von der Gegend der Foramina intervertebralia aus eindringen.

LINDEMANN und KUHLEND AHL (15) folgern aus der Frage der Zugehörigkeit der Knorpelplatten, daß die Bandscheibe gar kein Eigengebilde für sich darstellt. Wenn man ihr die Knorpelplatte nimmt, ist die Zwischenwirbelscheibe überhaupt keine Scheibe; vielmehr handelt es sich um ein Verbindungsstück, das man nicht als individuelles Gebilde isoliert darstellen kann.

Der Faserring entwickelt sich aus Mesenchymgewebe. Nach neueren Untersuchungen von PRADER (16) und TÖNDURY setzt er sich in der embryonalen Gewebsentwicklung aus zwei Anlagen zusammen, einer rein mesenchymatösen Außenzone, die sich später in den bindegewebigen äußeren Faserring umwandelt, und einer Innenzone, die den eigentlichen Faserknorpel des Faserrings ausbildet, zugleich aber an der Bildung des Nucleus pulposus beteiligt ist. Die faserige Außenzone, die den späteren bindegewebigen Annulus fibrosus im eigentlichen Sinne darstellt, wird immer mehr nach außen zusammengedrängt. Die schraubenförmig verlaufenden und sich verflechtenden Fasern senken sich in die Randleisten der Wirbelkörper ein und geben mit deren Verknöcherung eine feste Veränderung. Diese äußere Schicht des Annulus fibrosus besitzt in dem faserknorpeligen Anteil ein gewisses elastisches Dehnungsvermögen. Der breite Faserknorpelring des Annulus lamellosus ist mit seinen ebenfalls spiralig verlaufenden Faserzügen ziemlich fest mit den Abschlußplatten der Wirbelkörper verbunden. Die fertige Zwischenwirbelscheibe besteht demnach histologisch aus drei Anteilen, die ineinander übergehen: dem äußeren Faserringanteil, hervorgegangen aus Bindegewebe kollagenen Ursprungs, der breiten Faserknorpelschicht und zuinnerst dem Gallertkern. Zugleich findet eine von außen nach innen abnehmende Differenzierung statt. Die weitgehend ausdifferenzierten äußeren Gewebsschichten sind in erster Linie maßgebend für den Zusammenhalt der Wirbelkörper und die Beanspruchbarkeit auf Zug, Spannung und Torsion.

Der Gallertkern ist fast undifferenziert geblieben und im jugendlichen Alter von gallertig praller Konsistenz. Er unterliegt jedoch mit zunehmendem Alter einer gewissen Austrocknung und kann sogar verkalken.

Nach LINDEMANN und KUHLENDahl dient der Gallertkern höchstens während des jugendlichen Lebensalters als lastauffangendes und -verteilendes Zentrum des Bewegungssegmentes, während mit fortschreitendem Alter gerade an der Lendenwirbelsäule bei zunehmender Umwandlung des Gallertkernes die Funktion der Elastizität im wesentlichen vom Faserring getragen wird.

JUNG und BRUNSCHWIG (17) stellten 1932 fest, daß sich innerhalb des Discus intervertebralis keine Nervenendigungen befinden.

1940 fand ROOFE (18) reichlich Endverzweigungen von Nervenfasern im hinteren Annulus fibrosus.

### NORMALE PHYSIOLOGIE UND FUNKTION DER BANDSCHEIBE

Die 23 Bandscheiben machen  $\frac{1}{5}$  bis  $\frac{1}{6}$  der Wirbelsäulenlänge aus. Zusammen mit der S-förmigen Krümmung der gesamten Wirbelsäule wirken sie elastisch abfedernd gegen alle in der Längsachse auftretenden Stoß- und Druckkräfte.

Der Wassergehalt der Zwischenwirbelscheiben ist für deren Gestalt und Funktion von großer Wichtigkeit. Es besteht eine Beziehung zwischen Alter und Wassergehalt des Nucleus pulposus. PÜSCHEL (19), sowie KEYES und COMPERE fanden unabhängig voneinander, daß der Wassergehalt des Nucleus pulposus mit zunehmendem Alter abnimmt. So enthalten die Zwischenwirbelscheiben bei Neugeborenen 88 % Wasser, bei 18jährigen 80 %, bei 70jährigen 70 % und bei 77jährigen 69 % Wasser. Nach PÜSCHEL (19) enthält der Faserring bei Neugeborenen 78 v. H. und der Gallertkern 88 v. H. Wasser. Dieser Unterschied nimmt im Laufe des Lebens ab, wobei sich der Wassergehalt des Gallertkerns dem des Faserrings immer mehr angleicht.

Im Innern des Gallertkerns befindet sich ein mit einer schleimigen Flüssigkeit ausgefüllter Hohlraum, der sich, wie ERLACHER (20) zeigen konnte, durch Einspritzen von Flüssigkeiten, die im Röntgenbild Schatten geben, sehr schön darstellen läßt.

OTT (21) machte Quellungsversuche mit Zwischenwirbelscheibengewebe und wies nach, daß das Alter darauf einen erheblichen Einfluß nimmt.

Infolge seines hohen Wassergehalts und der zwiebelchalenartig angeordneten

Hohlräume besitzt der Gallertkern eine beträchtliche Sprengkraft. Er ist dadurch nicht nur lastauffangendes und-verteilendes Zentrum, sondern wirkt auch aktiv auf die Umgebung. Einerseits versucht dieser innere Spannungsdruck im Gallertkern die benachbarten Wirbelkörper auseinander zu drücken, andererseits erzeugt sein Druck gegen die Ringschichten des Faserrings in diesen eine Zugspannung, die die Wirbelkörper fest gegeneinander zieht. Das an sich unelastische, straffe Faserringgewebe wird dadurch elastisch und "schwingungsfähig", und in der Ruhelage ergibt sich nach JUNGHANNs ein dynamisch elastisches Gleichgewicht. Die Sprengkraft des Gallertkerns hat bei der ruhenden Wirbelsäule somit einen wesentlichen Einfluß auf die Form der Wirbelsäulenkrümmungen, die nicht allein von der Wirbelkörperform bestimmt werden. Der Gallertkern, der das Bewegungszentrum zwischen zwei Wirbelkörpern darstellt, liegt nicht immer zentral, sondern ist meist nach vorn oder hinten verschoben. Seine Lage steht in enger Beziehung zur statischen Beanspruchung des betreffenden Wirbelsäulenanteils. Neben der im wesentlichen auf dem Wassergehalt beruhenden Sprengkraft ist dem Gallertkerngewebe auch noch eine beträchtliche Quellbarkeit zu eigen. Es hat ein Wasseraufnahmevermögen von 50 bis 60 %. Eine Wasserverarmung wird im allgemeinen als physiologische Alterserscheinung angesehen.

Der Nucleus pulposus ist inkompressibel und gehorcht den Gesetzen der Flüssigkeit. Die Spannungskraft des elastischen Annulus fibrosus hält den Nucleus pulposus unter Druck, sogar dann, wenn der Discus intervertebralis kein Gewicht trägt.

SHELDEN (22) stellte fest, daß die Zwischenwirbelscheiben der unteren Lendenwirbelsäule beim Liegen dicker waren, als beim Stehen. Der vordere Zwischenwirbelraum war beim Stehen verkleinert.

PETTER (23) konnte nachweisen, daß auf dem Nucleus pulposus des Lebenden bei vollster Ruhe ein Druck von etwa 15 kg lastet. Bei Belastung steigt der Druck um ein Vielfaches.

BARR (24) machte folgendes Experiment: Mit einem Schraubstock drückte er den Discus intervertebralis zusammen und stellte nach Nachlassen des Drucks eine Rückkehr des Discus zu seiner normalen Form fest. Wenn er jedoch den Annulus fibrosus mit einer Nadel durchstach, während der Discus zusammengepreßt war, riß der Annulus fibrosus dort, wo er durchstoßen war und der Nucleus pulposus konnte nach außen treten. Danach verlor der Discus intervertebralis seine Elastizität und erhielt nicht mehr seine frühere Form zurück.

BRADFORD und SPURLING vergleichen den Annulus fibrosus mit einer starken elastischen Membrane, die die Wirbelkörper miteinander verbindet, und den Nucleus pulposus mit einer Flüssigkeit.

Wenn eine plötzliche Gewalt auf den Discus intervertebralis einwirkt, so wird die Flüssigkeit nach allen Seiten auseinandergedrückt und dehnt die elastische Membrane. Auf diese Art wird der Druck aufgefangen. Wichtiger noch ist die Verteilung des Druckes auf die gesamte intervertebrale Oberfläche eines jeden Wirbels. Dies wird möglich mit einem flüssigen Zentrum.

Der Annulus fibrosus muß also dem Druck, der den Nucleus pulposus auseinanderdrücken will, widerstehen. Dies ist ihm infolge seines anatomischen Baues auch möglich. Seine Ringschichten verhindern ein Ausweichen des Gallertkernes nach vorne, seitlich und hinten. Ohne einen funktionsfähigen Nucleus pulposus ist der Druck bei Flexion der Wirbelsäule auf die vordere Oberfläche, bei Deflexion auf die hintere Oberfläche der Wirbelkörper konzentriert. Teilweise verteilt sich der Druck aber trotz Fehlens eines funktionsfähigen Nucleus pulposus über die gesamte Wirbelkörperoberfläche, weil auch dann eine begrenzte Elastizität vorhanden ist (Bradford und Spurling).

Das enge Zusammenspiel zwischen Gallertkern und Faserring und ihr Wirkungsmechanismus erzeugen unter Einschluß der anliegenden Knorpelplatten die Funktion des "Halbgelenks Zwischenwirbelscheibe".

Durch die dauernden funktionellen Überbeanspruchungen des täglichen Lebens ist das Gleichgewicht zwischen normaler funktioneller Beanspruchung und Leistungsvermögen des Zwischenwirbelscheibengewebes in ein Mißverhältnis zu Ungunsten der Standhaftigkeit übergegangen.

COVENTRY, GHORMLEY und KERNOHAM (25) stellten als Ergebnis systematischer Untersuchungen fest, daß Bandscheiben früher und rascher degenerieren als die meisten anderen Knorpelgewebe.

### Der Zwischenwirbelraum im Röntgenbild

Die normale Zwischenwirbelscheibe kann positiv in der Röntgenaufnahme nicht dargestellt werden. Aber die genaue Betrachtung der Umrisse des Zwischenwirbelscheibenraumes läßt Rückschlüsse auf die regelrechte Beschaffenheit der Wirbelbandscheiben zu.

Aus der funktionellen Pathologie der Zwischenwirbelscheibe interessiert in diesem Zusammenhang die

### Verlagerung von Zwischenwirbelscheibengewebe in die Wirbelkörper.

Das klassische Beispiel für den Austritt von Zwischenwirbelscheibengewebe in die Wirbelkörper hinein ist das Schmorlsche Knötchen. Bei diesen nach SCHMORL, der sie als erster eingehend untersuchte und beschrieb, genannten Knorpelknötchen handelt es sich um dicht unterhalb, bzw. oberhalb der Bandscheibe gelegene und mit ihr in Verbindung stehende, scharf umschriebene, meist unregelmäßige Knorpelherde.

SCHMORL fand die Knorpelknötchen am häufigsten in den Lenden- und Brustwirbeln. An den Halswirbeln wurden sie von ihm nicht beobachtet. Sie treten mitunter in der Einzahl, meistens aber multipel an einer größeren Anzahl von Wirbeln auf. Einem an der oberen Fläche gelegenen Knorpelknötchen entspricht häufig ein zweites, an der unteren Fläche befindliches. Die kleinsten sind mit bloßem Auge gerade noch erkennbar und häufig von einem schmalen roten Hof, einer Blutung, umgeben; die größeren erreichten Erbsen- Kirschkerndgröße. Fand er sie bei jüngeren Personen, so zeigten sie ein bläulich weißes Aussehen wie gewucherter Knorpel und sprangen auf der Schnittfläche vor. Ihr Aussehen bei älteren Individuen beschreibt er als meist weiß oder gelblich und kaum die Schnittfläche überragend. SCHMORL fand sie bereits vom 18. Lebensjahr an. Ihre Lage war stets an der Stelle, wo sich in der Tiefe der Bandscheibe der Nucleus pulposus befand, also meistens an der Grenze zwischen mittlerem und hinterem Drittel. Lag der Nucleus pulposus an einer anderen Stelle, so fanden sie sich an dieser.

SCHMORL stellte fest, daß die Knorpelknötchen mit der Bandscheibe in unmittelbarem Zusammenhang stehen. Auf günstig fallenden Schnitten konnte er schon mit bloßem Auge nachweisen, daß an der Stelle, wo sie mit der Bandscheibe zusammenhängen, ein feiner Spalt in der plattzelligen Schicht vorhanden ist.

Mikroskopische Untersuchungen kleiner Knorpelknötchen ergaben, daß die plattzellige Knorpelschicht an der Stelle, wo der Knorpelherd sitzt, durchtrennt, und was aus den zackigen, unregelmäßig geformten häufig nach der Spongiosa zu umgebogenen Rändern hervorgeht, durchrissen ist. SCHMORL konnte mitunter auch als Beweis dafür, daß ein Einbrechen der Schlußplatte stattgefunden hat, kleine Blutungen nachweisen.

Der in die Markräume eingedrungene Nucleus bringt die anliegenden Spongiosabälkchen zur Atrophie. Die Knorpelzellen des Nucleus wuchern und tragen noch zur Vergrößerung des ursprünglich nicht allzugroßen Knorpelherdes bei.

Durch die Atrophie der Spongiosa entstehen erbsen- bis kirschkerngroße Defekte, die in Mazerationspräparaten oder in Röntgenbildern scharf hervortreten. Die Knorpelwucherung geht ausschließlich von den Knorpelzellen des Nucleus aus. Die Knorpelzellen der plattzelligen Schicht nehmen nur bei noch im Wachstum begriffenen Individuen an der Wucherung teil.

Die Knorpelherde verwachsen mit den anliegenden Spongiosabälkchen und werden dann nicht selten nach vorheriger Verkalkung der Randabschnitte nach enchondralen Typus in Knochen übergeführt, wobei sich die Knorpelknötchen in kleine Enostome umwandeln können. Das mikroskopische Bild beweist, daß die Knorpelherde auf eine Zerreißen der plattzelligen Schicht zurückzuführen sind. Infolge des ihm innewohnenden Turgors tritt der Nucleus pulposus in den Riß ein. Wenn der Nucleus degeneriert ist, so bleibt auch bei zerrissener plattzelliger Schicht die Bildung eines Knorpelknötchens aus. Finden sich trotzdem an degenerierten Bandscheiben Knorpelknötchen, so sind sie nach SCHMORL schon vor Eintritt der Degeneration entstanden, was man daran erkennt, daß dann auch die Knorpelknötchen in regressiver Metamorphose bzw. in Verkalkung begriffen sind. SCHMORL ging in Fällen, wo sich Knorpelknötchen bei jugendlichen Personen fanden, der Frage nach, ob sich die betreffenden Personen großen körperlichen Anstrengungen ausgesetzt hatten. Es ergab sich, daß ein 22jähriger Mann mit zahlreichen Knorpelknötchen ein eifriger Fußballspieler, ein anderer 23jähriger Mann ein eifriger Turner gewesen war. Doch nicht immer ließen sich körperliche Anstrengungen nachweisen, und SCHMORL ist der Ansicht, daß auch individuelle Verhältnisse, eine gewisse Gewebsschwäche eine nicht zu unterschätzende Rolle spielen; unerläßliche Voraussetzung für das Auftreten von Knorpelknötchen ist es jedoch, daß das Zwischenwirbelscheibengewebe keine Degenerationen zeigt, und daß besonders der Gallertkern seinen normalen Ausdehnungsdruck behalten hat.

## SCHMORLSCHE KNÖTCHEN IM RÖNTGENBILD

Die Darstellung der Erscheinungsformen der Knorpelknötchen und der Adolozentenkyphose im Röntgenbild setzt eine wichtige Feststellung voraus. Nicht nur die Verlagerung des Bandscheibengewebes, sondern auch die Anwesenheit knorpeligen Gewebes in der Spongiosa des Wirbelkörpers bedingt selbst bei größeren Knorpelknötchen keine sichtbaren Veränderungen im Röntgenbild. Weder die Zerstörung der hyalinen Knorpelplatte und der knöchernen Abschlußplatte noch die Größe der Knorpelknötchen an sich hat einen Einfluß auf die röntgenographische Darstellung. Die Bedingungen für ein Erkennen der Knorpelknötchen im Röntgenbild sind nach SIMONS (26) vielmehr folgende:

1. Bereits vorhandene reaktive Knochenneubildungen in Gestalt einer das Knorpelknötchen umgebenden dichteren Knochenschale, oder
2. Verlagerung der total eingebrochenen Abschlußplatte in die Tiefe der Spongiosa, oder
3. Verkalkung des Knorpelknötchens selbst.

Daraus erklärt sich hinreichend, daß im Röntgenbild - was auch W. MÜLLER (27) betont - nur länger bestehende Knorpelknötchen mit einer reaktiven Knorpelschale erfaßt werden und frisch entstandene dann, wenn es zu einem tiefen und totalen Einbruch der knöchernen Abschlußplatte gekommen ist.

Daher läßt sich im Röntgenbild auch nur ein Teil der pathologisch anatomisch nachweisbaren Knorpelknötchen sichtbar machen.

Das Erkennen der Knorpelknötchen im Röntgenbild ist nicht schwierig, wenn die Bedingungen für ihre Darstellbarkeit erfüllt sind. Nach B. SIMONS sieht man am besten im seitlichen Röntgenbild im Bereich der oberen oder unteren Wirbelkörperbegrenzung oder auch an beiden zugleich eine Unterbrechung der scharf gezeichneten Randlinie, von deren Fußpunkten eine leicht oder halbkreisförmig gewölbte, gelegentlich auch unregelmäßig gezackte dichtere Schattenlinie ausgeht. Diese sklerotische Randzone verrät die Anwesenheit eines Knorpelknötchens auch dann, wenn die Unterbrechung der Grund- oder Deckplattenkonturen fehlt. Die Randzone zeigt nicht immer diesen leicht bogen- oder halbkreisförmigen Verlauf, manchmal ist sie auch unregelmäßig gezackt.

## ENTSTEHUNG BEI TRAUMEN

Von DITTRICH (28) wird schon 1928 ein Fall beschrieben, wobei es durch einen Unfall zu einem Kompressionsbruch des 9. Brustwirbels kam. Auf dem angefertigten Röntgenbild war kein Knorpelknötchen zu sehen. Eine zwei Jahre später gemachte Röntgenaufnahme erwies wiederum die Kompressionsfraktur des 9. Brustwirbels. An verschiedenen Wirbeln der Nachbarschaft ließen sich nunmehr Knorpelknötchen erkennen, so am 8. Brustwirbel unten eines, am 11. und 12. oben und unten je eines.

Auch bei den hier untersuchten Brustwirbelsäulen konnte in einem Fall, bei dem es sich um eine Impressionsfraktur der Deckplatte des 8. Brustwirbelkörpers bei einer 45jährigen Frau handelte, auf einer drei Monate nach der ersten Aufnahme gemachten Kontrollaufnahme in der Deckplatte des 9. Brustwirbels ein Schmorlsches Knötchen festgestellt werden, welches bei der ersten Aufnahme nicht sichtbar war.

## HÄUFIGKEIT DER KNORPELKNÖTCHEN

SCHMORL fand in etwa 38 % aller anatomisch untersuchten Wirbelsäulen Knorpelknötchen. Bei Männern wurden sie häufiger beobachtet als bei Frauen, was mit der stärkeren Belastung erklärt wird.

Der Unterschied zwischen männlichem und weiblichem Geschlecht wird durch folgende Zahlen von SCHMORL deutlich:

|                            |                |
|----------------------------|----------------|
| zwischen 18 und 29 Jahren: | männlich 39 %  |
|                            | weiblich 18 %  |
| zwischen 18 und 59 Jahren: | männlich 40 %  |
|                            | weiblich 20 %  |
| zwischen 60 und 95 Jahren: | männlich 23 %  |
|                            | weiblich 44 %. |

Nach BÖHMIG und PRÉVÔT (29) ist sogar die Mehrzahl aller Menschen mit Knorpelknötchen behaftet.

Das Vorherrschen des männlichen Geschlechts wird auf traumatischen Ursprung zurückgeführt. Der hohe Anteil bei Frauen über 60 Jahren wird von BRADFORD und SPURLING auf degenerative Veränderungen zurückgeführt,

die bekanntlich im Alter mehr fortschreiten.

1939 fand BATTS bei 50 Leichen in 10 Fällen (= 20 %) Knorpelknötchen in der Spangiosa der Lendenwirbelsäule.

Röntgenologisch läßt sich nur ein Teil aller Knorpelknötchen beobachten. Nach SCHMORL und JUNGHANS finden sich im Röntgenbild Knorpelknötchen in 13,5 % aller Wirbelsäulen.

BÖHMIG und PRÉVÔT konnten unter 198 an Präparaten nachgewiesenen Knorpelknötchen nur 56 gleichzeitig im Röntgenbild erkennen.

BÖHMIG (30) fand unter 211 Knorpelknötchen 33 im vorderen, 84 im hinteren und 89 im mittleren Abschnitt gelegen.

#### KNORPELKNÖTCHEN UND ADOLESCENTENKYPHOSE

Das Wesentliche der Scheuermannschen Erkrankung ist nach PITZEN (31) das Eindringen von Zwischenwirbelscheibengewebe in die Wirbelkörper, wobei sich Schmorlsche Knötchen bilden. Die Zwischenwirbelscheiben werden dünner und es kommt zu Wachstumsstörungen an den Wirbelkörpern, die keil- bzw. trapezoidförmig werden.

STRACKER (32) hält die Schmorlschen Knötchen bei der Entstehung der Adoleszentenkyphose nur dann für bedeutsam, wenn sie am vorderen Rand vorkommen. Bezüglich der Genese der Keilwirbelbildung und damit der verstärkten Kyphosierung sind von zahlreichen Theorien besonders zwei zu erwähnen: einerseits die Anschauung SCHEUERMANNNS u. a., daß es sich um eine primäre Veränderung an den Wirbelkörperperrandleisten, eine Epiphysenstörung handle, andererseits die Ansichten der Schmorlschen Schule, daß das Wesentliche im Einbruch von Zwischenwirbelscheibengewebe in die Wirbelkörper bestehe und daß die Keilwirbelbildung erst eine Folge der durch den Druck bedingten Wachstumshemmung an den vorderen Wirbelkörperabschnitten einschließlich der Wirbelkörperperrandleisten darstelle.

SEMM (33) konnte durch lange Ruhigstellung und Entlastung der Wirbelsäule zwar keinen nennenswerten Wiederaufbau erreichen, jedoch einen weiteren Zusammenbruch der Wirbelkörper vermeiden. SEMM sieht in seinem Befund eine Bestätigung der Ansichten der Schmorlschen Schule bezüglich der Entstehung der Adoleszentenkyphose (demnach stehen im Vordergrund Einbrüche von Zwischenwirbelscheibengewebe in die Wirbelkörper, also Aus-

bildung von Knorpelknötchen).

BURDZIK und WUENSCH (34) beschrieben bei ihrer Arbeit zur röntgenologischen Deutung der Adoleszentenkyphose eine oft typische Lokalisation der dabei gefundenen Schmorlschen Knötchen. Im oberen Anteil der Brustkyphose lagen sie verstärkt und häufiger in den unteren Abschlußplatten, im unteren Abschnitt war es umgekehrt. Außerdem lagen sie bei ungleicher Höhe der Bandscheiben meist dort, wo diese am niedrigsten war. Bei deutlich aktiv aufgerichteter Wirbelsäule fanden sich Deckplatteneindrücke und Schmorlsche Knötchen mehr dorsalwärts, während sie sich im allgemeinen entsprechend dem Grad der Kyphosierung mehr auf die ventralen Deckplattenabschnitte beschränkten.

Untersuchungen über Beziehungen zwischen veränderten statischen Verhältnissen an der Brust- und Lendenwirbelsäule und dem Auftreten von Schmorlschen Knötchen wurden wie folgt durchgeführt:

Es wurden insgesamt 847 Brustwirbelsäulen und 1081 Lendenwirbelsäulen untersucht. Dabei erfolgte getrennte Einteilung in solche Wirbelsäulen, die keinerlei seitliche Abweichung auf dem Röntgenbild im sagittalen Strahlengang aufwiesen und in solche Brust- und Lendenwirbelsäulen, bei denen Skoliosenbildung deutlich war. Die Brustwirbelsäulenaufnahmen verteilen sich auf 10 Jahre (1948 - 1957) und stellen sämtliche zur Zeit der Untersuchungen an dem Röntgeninstitut bei der chirurgischen Universitätsklinik München aus dem Archiv verfügbaren, einwandfrei zu beurteilenden und für die Arbeit brauchbaren Brustwirbelsäulen der Jahre 1948 bis 1957 dar.

Die untersuchten Lendenwirbelsäulen sind das Material über 5 Jahre (1948 - 1952) aus demselben Archiv.

Bei den Brustwirbelsäulen handelt es sich um Röntgenbilder, bei denen sowohl seitliche, als auch Aufnahmen in der Sagittalrichtung vorhanden waren und die einwandfrei beurteilt werden konnten. Schrägaufnahmen wurden nicht berücksichtigt, da sie für die Untersuchungsmethode ungeeignet waren. Wirbelsäulen mit frischen Frakturen wurden nur dann in das Untersuchungsmaterial einbezogen, wenn durch die Fraktur keine Veränderung der vorher vorhandenen Wirbelsäulenkrümmungen eingetreten war, da durch eine entstandene veränderte Statik eventuell damit im Zusammenhang aufgetretene Schmorlsche Knötchen für das Röntgenbild noch nicht sichtbar gewesen wären. Dieser Einwand konnte bei alten Frakturen unberücksichtigt bleiben, denn in diesem Falle wären etwaige, durch die veränderten statischen Verhältnisse

oder durch die Fraktureinwirkung selbst entstandene Schmorlsche Knötchen mittlerweile der röntgenologischen Darstellung zugänglich gemacht worden.

Wirbelsäulen, bei denen die Fraktur zu einer richtigen Gibbusbildung geführt hat, wurden nicht in das Untersuchungsmaterial einbezogen.

Bei der Untersuchung der Brustwirbelsäulen wurde auf folgendes besonders geachtet:

1. Besteht an der Brustwirbelsäule eine seitliche Abweichung im Sinne einer Skoliose?
2. Wie stark ist auf dem seitlichen Röntgenbild die Kyphose der Brustwirbelsäule?
3. Sind Schmorlsche Knötchen feststellbar, wenn ja, wo treten sie auf?

G. BURDZIK und K. WUENSCH erwähnen in ihrem "Beitrag zum Röntgenbild der Brustkyphose und seiner Deutung" zur Beurteilung einer Kyphose eine Methode von ENGELHARD. Dieser bezeichnete die Kyphosen als normal, bei denen die gedachte Sehne zwischen dem ersten und zehnten Brustwirbelkörper mindestens zehnmal länger ist, als das Lot auf die Sehne. Diese Methode ließ sich jedoch nicht anwenden, da die Grenzen des ersten Brustwirbelkörpers oftmals nur sehr unklar festzustellen waren, und sie auch noch keine Vergleichsmöglichkeit über die Stärke der Brustkyphose geboten hätte.

Bei der Beurteilung der Kyphosen wurde daher folgendermaßen vorgegangen:

Bei jeder Brustwirbelsäule wurde auf der konkaven Seite der Wirbelsäule im Röntgenbild von der Seite eine 15 cm lange Sehne so an die vordere Wirbelkörpergrenze angelegt, daß die Mitte dieser Sehne in der Höhe des Krümmungsscheitels der Brustkyphose lag. Die größte Senkrechte "s" von der Sehne zur Vorgrenze der Wirbelkörperreihe wurde dann gemessen und auf diese Art die Stärke der Brustkyphose jeweils im Bereich dieser 15 cm festgestellt. Dabei wurde darauf geachtet, daß bei einer Veränderung der normalen Wirbelkörpergrenzen, etwa durch Spangenbildungen, die beiden Enden der Sehne so angelegt wurden, daß sie an einem Teil der Wirbelsäule anlagen, der dem normalen Krümmungsverlauf entsprach.

Die Verteilung der Brustwirbelsäulen auf die Geschlechter ergab ein Verhältnis von 347 männlichen zu 270 weiblichen, prozentual ausgedrückt von 56:44.

In der folgenden Tabelle I sind die untersuchten Brustwirbelsäulen, bei denen keine Skoliose vorhanden war, nach dem Alter und dem Grad der Kyphose eingeteilt.

TABELLE I  
Brustwirbelsäulen ohne Skoliose

| Alters-<br>klassen |          | Fälle<br>insges. |     | "s" in Millimetern |     |     |      |     |      |      |      |      |      |     |      |     |      |      |     |     |     |     |     |     |        |  |  |  |
|--------------------|----------|------------------|-----|--------------------|-----|-----|------|-----|------|------|------|------|------|-----|------|-----|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------|--|--|--|
| Jahre              |          | 3                | 4   | 5                  | 6   | 7   | 8    | 9   | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15  | 16   | 17  | 18   | 19   | 20  | 21  | 22  | 23  | 24  | 25  | größer |  |  |  |
| 0 - 10             | 11 (0)   |                  | 1   |                    |     |     | 1    | 1   | 3    | 2    | 2    |      |      |     |      |     |      |      |     |     |     |     |     |     |        |  |  |  |
| 11 - 20            | 59 (7)   | 1                | 2   | 4                  | 5   | 5   | 5    | 9   | 8    | 7    | 11   | 1    | 1    | 4   |      | 1   |      |      |     |     |     |     |     |     |        |  |  |  |
| 21 - 30            | 106 (17) |                  | 2   | 3                  | 4   | 8   | 13   | 18  | 14   | 15   | 13   | 5    | 4    | 3   | 1    |     |      | 2    |     | 1   |     |     |     |     |        |  |  |  |
| 31 - 40            | 128 (20) |                  |     |                    |     |     | (2)  | (1) | (2)  | (2)  | (3)  | (2)  | (1)  | (2) |      |     |      | (1)  |     | (1) |     |     |     |     |        |  |  |  |
| 41 - 50            | 157 (29) |                  | 1   | 3                  | 5   | 11  | 12   | 19  | 18   | 24   | 21   | 15   | 10   | 4   | 7    | 2   | 1    | 1    | 1   | 1   | 1   |     |     |     | 1      |  |  |  |
| 51 - 60            | 99 (10)  | 1                | 1   |                    | 2   | 3   | 10   | 14  | 12   | 13   | 10   | 6    | 9    | 4   | 1    | 4   | 3    | 3    | 1   |     |     |     |     |     | 1      |  |  |  |
| 61 - 70            | 46 (6)   |                  |     |                    |     | (1) |      | 5   | 2    | 6    | 12   | 8    | 4    | 3   | 2    | 1   | 4    |      |     | 1   | 1   |     |     | 1   | 1      |  |  |  |
| 71 - 80            | 9 (0)    |                  |     |                    |     |     |      | (3) | (1)  |      |      |      |      |     |      |     |      |      |     | (1) |     |     |     | (1) |        |  |  |  |
| 81 - 90            | 2 (0)    |                  |     |                    |     |     |      |     |      |      | 2    | 1    |      |     | 1    | 1   | 2    |      |     |     |     |     |     |     | 1      |  |  |  |
| 617 (89)           | 1        | 1                | 6   | 14                 | 20  | 33  | 61   | 94  | 80   | 95   | 62   | 37   | 41   | 14  | 12   | 9   | 14   | 6    | 4   | 4   | 1   | 1   | 1   | 4   | 3      |  |  |  |
|                    |          |                  | (1) | (1)                | (1) | (2) | (7)  | (9) | (9)  | (11) | (10) | (6)  | (12) | (7) | (2)  | (1) | (4)  | (1)  | (2) |     | (1) | (1) | (1) | (1) | (1)    |  |  |  |
| = in % 14,4        |          |                  | 17  | 7,1                | 5   | 6   | 11,4 | 9,6 | 11,3 | 11,5 | 16   | 16,2 | 29,2 | 50  | 16,6 | 10  | 28,5 | 16,6 | 50  |     | 100 |     |     | 25  | 33     |  |  |  |

Die in Klammern gesetzten Zahlen geben die Anzahl der Wirbelsäulen an, bei denen Schmorlsche Knötchen gefunden wurden.

Es standen also insgesamt 617 Brustwirbelsäulen ohne Abweichung in der sagittalen Achse zur Verfügung. Ihre Verteilung auf die einzelnen Altersgruppen ist aus Tabelle I ersichtlich. Diese zeigt auch an, wieviel Brustwirbelsäulen jeweils einem bestimmten Krümmungsgrad zugeordnet werden konnten. Schmorlsche Knötchen fanden sich in 89 Fällen. Dies entspricht einem Anteil von 14,4 Prozent.

Bei den Aufnahmen von Kindern bis zu zehn Jahren ließen sich in keinem Falle Knorpelknötchen feststellen. Auch die Brustwirbelsäulen der über siebenzig Jahre alten Menschen wiesen keine Schmorlschen Knötchen auf. Am öftesten wurden sie in der Altersklasse zwischen 41 und 50 Jahren festgestellt.

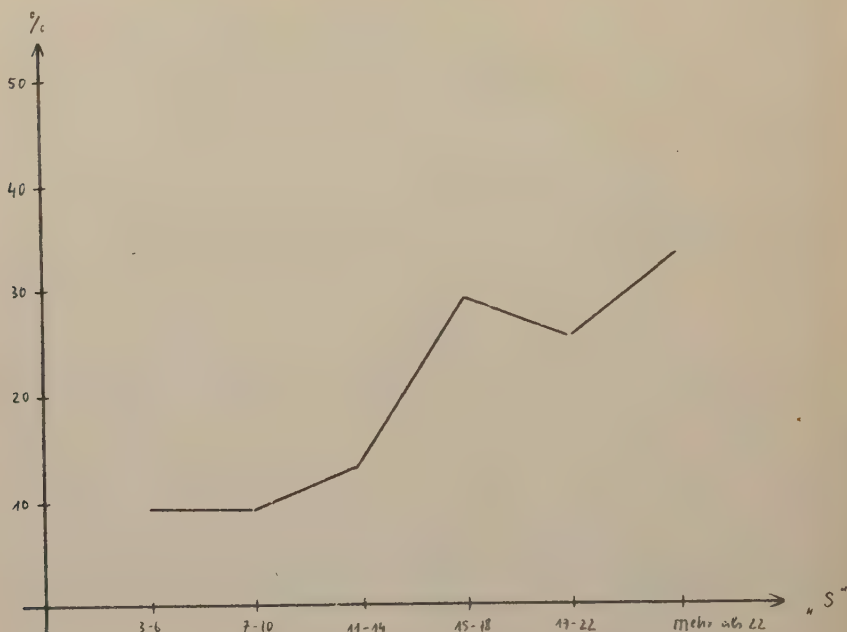
Tabelle I läßt erkennen, daß zwischen "s" und Schmorlschen Knötchen eine gewisse Beziehung besteht. Je stärker die Krümmung der Kyphose ist, umso größer wird der Prozentsatz an Brustwirbelsäulen, die Knorpelknötchen aufweisen.

Bei verschiedenen Zahlenangaben der Tabelle I sind die Prozentwerte nur der Vollständigkeit halber angegeben. Da hierfür die Zahl der Fälle manchmal zu gering war, wurden in Tabelle II mehrere Werte zusammengezogen, so daß sich der prozentuale Anteil mit Schmorlschen Knötchen aus einer größeren Anzahl von Brustwirbelsäulen errechnen ließ.

TABELLE II

| "s" in mm                             | 03 - 06 | 07 - 10 | 11 - 14 | 15 - 18 | 19 - 22 | mehr als 22 |
|---------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|-------------|
| Anzahl der<br>Brustwirbel-<br>säulen  | 22      | 208     | 274     | 76      | 28      | 9           |
| davon mit<br>Schmorlschen<br>Knötchen | 2       | 19      | 36      | 22      | 7       | 3           |
| in %                                  | 9       | 9       | 13      | 29      | 25      | 33          |

Die in Tabelle II zusammengestellten Zahlen ergeben folgende graphische Darstellung:



Diese Darstellung zeigt deutlich ein prozentuales Ansteigen der Brustwirbelsäulen mit Knorpelknötchen bei zunehmender Stärke der Kyphosen.

Eine Gegenüberstellung der Brustwirbelsäulen, bei denen "s" kleiner als dreizehn mm ist, mit denjenigen, bei denen "s" mehr als zwölf mm mißt, ergibt folgende Zahlen:

#### "s" kleiner als 13 mm

Brustwirbelsäulen insgesamt: 405

davon mit Knorpelknötchen: 41, das sind 10,1 %.

#### "s" größer als 12 mm

Brustwirbelsäulen insgesamt: 212

davon mit Knorpelknötchen: 48, das sind 22,6 %.

Nach BURDZIK und WUENSCH finden sich die Schmorlschen Knötchen oberhalb des Krümmungsscheitels der Brustwirbelsäule häufiger in den unteren, unterhalb des Krümmungsscheitels mehr in den oberen Deckplatten.

Bei der hier vorliegenden Arbeit konnte zwar festgestellt werden, daß Schmorlsche Knötchen unterhalb des Krümmungsscheitels häufiger in den oberen Deckplatten auftraten, als oberhalb des Krümmungsscheitels; jedoch fanden sich auch unterhalb von ihm Knorpelknötchen häufiger in den unteren Deckplatten (Bodenplatten) als in den oberen Deckplatten. In Tabelle III ist das Verhältnis der an den Deck- bzw. Bodenplatten gefundenen Knorpelknötchen sämtlicher Brustwirbel der 617 Fälle dargestellt.

TABELLE III

| Brustwirbel-<br>körper | B 1 | B 2 | B 3 | B 4 | B 5 | B 6 | B 7 | B 8 | B 9 | B 10 | B 11 | B 12 |
|------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|
| Deckplatte             |     |     |     |     |     | 2   | 9   | 13  | 10  | 4    | 9    | 4    |
| Bodenplatte            |     |     |     | 2   | 7   | 20  | 38  | 39  | 43  | 39   | 15   | 6    |

Meistens fanden sich an einer Brustwirbelsäule mehrere Schmorlsche Knötchen. Sie waren in den seitlichen Röntgenaufnahmen häufiger zu erkennen, als in den Aufnahmen von vorne.

Jedes Knorpelknötchen wurde in bezug auf seine Lage im Wirbelkörper gemessen. Dabei wurde so vorgegangen, daß die Wirbelkörperoberfläche im Röntgenbild in zehn gleiche Abschnitte aufgeteilt wurde. Der erste Abschnitt lag beim Röntgenbild mit sagittalem Strahlengang immer rechts und beim seitlichen Röntgenbild immer vorne.

Gemessen wurde jeweils die Stelle, an der die Knorpelknötchen am weitesten in den Wirbelkörper eingedrungen waren.

BURDZIK und WUENSCH hatten den Eindruck, daß sich die Schmorlschen Knötchen bei stärkerer Kyphosierung in den vorderen Abschnitten der Wirbelkörperdeckplatten, bei stark ausgeprägter aktiver Aufrichtung dagegen mehr in den hinteren Abschnitten häufen.

Die Frage, ob die Stärke der Kyphose von Einfluß auf die Platzierung der

Schmorlschen Knötchen ist, wurde an den Brustwirbelkörpern 7 - 10 untersucht, da hier die meisten Knorpelknötchen auftraten. Die Brustwirbelsäulen, bei denen "s" kleiner als 13 mm war, wurden denjenigen gegenübergestellt, bei welchen die Messung von "s" mehr als 12 mm ergeben hatte. Die Abschnitte, in denen die Knorpelknötchen lagen, wurden zahlenmäßig addiert und das Ergebnis durch die Summe der Knorpelknötchen dividiert.

Es fanden sich folgende Durchschnittswerte:

|                       | "s"                      |                         |
|-----------------------|--------------------------|-------------------------|
|                       | <u>kleiner als 13 mm</u> | <u>größer als 12 mm</u> |
| 7. Brustwirbelkörper  | 5                        | 5                       |
| 8. Brustwirbelkörper  | 5,3                      | 4,7                     |
| 9. Brustwirbelkörper  | 5,8                      | 5,1                     |
| 10. Brustwirbelkörper | 6,3                      | 5,9                     |

Verwendet wurden nur die seitlichen Aufnahmen. Die errechneten Durchschnittswerte beziehen sich also auf die Abschnitte in der sagittalen Richtung der Wirbelsäulen. Mit Ausnahme des 7. Brustwirbelkörpers lagen bei Brustwirbelsäulen mit stärkerer Kyphosierung die Schmorlschen Knötchen durchschnittlich um etwa einen halben Abschnitt weiter vorne als bei schwächeren Kyphosen.

Von den Brustwirbelsäulen ohne seitliche Abweichung getrennt beurteilt wurden diejenigen Röntgenaufnahmen, welche Skoliosenbildung erkennen ließen. Hierbei handelte es sich um 230 Fälle, von denen wiederum sowohl seitliche, als auch Aufnahmen von vorne vorhanden waren. Bei diesen Brustwirbelsäulen wurde "s" nicht gemessen, da auf Grund der verschieden starken seitlichen Verkrümmungen die wirkliche Länge des Brustwirbelsäulenteiles im seitlichen Röntgenbild nicht feststellbar war.

Die untersuchten Fälle wurden eingeteilt in linkskonvexe, rechtskonvexe und S-förmige Skoliosen.

Tabelle IV zeigt eine Übersicht des Untersuchungsmaterials. Die in Klammern gesetzten Ziffern geben wieder die Anzahl der Wirbelsäulen an bei denen Schmorlsche Knötchen gefunden wurden. Hochgradige Skoliosen mußten von der Beurteilung ausgeschlossen werden, da eine starke Verkrümmung das Auffinden der Knorpelknötchen zu sehr erschwerte.

TABELLE IV

| Alters-<br>klassen | Fälle<br>insgesamt | li-konvex | re-konvex | S-förmig |
|--------------------|--------------------|-----------|-----------|----------|
| 11 - 20 Jahre      | 12 (4)             | 4 (1)     | 6 (2)     | 2 (1)    |
| 21 - 30            | 30 (12)            | 12 (5)    | 14 (4)    | 4 (3)    |
| 31 - 40            | 50 (19)            | 17 (7)    | 27 (9)    | 6 (3)    |
| 41 - 50            | 59 (12)            | 19 (2)    | 27 (7)    | 13 (3)   |
| 51 - 60            | 44 (16)            | 13 (6)    | 27 (8)    | 14 (2)   |
| 61 - 70            | 19 (3)             | 5 (1)     | 7 (2)     | 7        |
| 71 - 80            | 6                  | 1         | 4         | 1        |
|                    | 230 (66)           | 71 (22)   | 112 (32)  | 47 (12)  |
|                    | = 28,7 %           | = 30,9 %  | = 28,6 %  | = 25,6 % |

Von den insgesamt 230 Wirbelsäulen mit Skoliosenbildung waren 71 linkskonvex und 112 rechtskonvex; 47 wiesen eine S-förmige Krümmung auf. In 66 Fällen konnten Knorpelknötchen nachgewiesen werden. Dies entspricht einem Anteil von 28,7 %. Dieser beläuft sich bei den linkskonvexen auf 30,9 %, bei den rechtskonvexen auf 28,6 % und bei den S-förmigen Skoliosen auf 25,6 %.

Bezogen auf die Zahl aller untersuchten Brustwirbelsäulen beträgt der Anteil der Knötchenträger 18,1 %.

Hinsichtlich ihrer Lage in den Wirbelkörpern konnten zwischen den bei links- und rechtskonvexen Skoliosen an der Brustwirbelsäule auftretenden Knorpelknötchen auf den Aufnahmen von vorne keinerlei Unterschiede festgestellt werden. Weitaus die meisten Schmorlschen Knötchen fanden sich in der Mitte der Wirbelkörperoberflächen zwischen Abschnitt 5 - 6, während die Häufigkeit nach beiden Seiten gleichmäßig stark abnahm.

Tabelle V bringt dies zum Ausdruck.

TABELLE V

| Abschnitt    | 1 | 2 | 3 | 4 | 5  | 6  | 7  | 8 | 9 | 10 |
|--------------|---|---|---|---|----|----|----|---|---|----|
| li-Skoliosen |   |   | 1 | 5 | 17 | 16 | 8  | 3 |   |    |
| re-Skoliosen |   |   | 3 | 7 | 23 | 22 | 11 | 1 |   |    |

# UNTERSUCHUNGEN AN LENDENWIRBELSÄULEN

Hier wurden insgesamt 1081 Lendenwirbelsäulen untersucht, bei denen ebenfalls Aufnahmen von vorne und von der Seite vorhanden waren.

Dabei wurden diejenigen Lendenwirbelsäulen, bei denen in der sagittalen Achse keine Abweichung feststellbar war, solchen Lendenwirbelsäulen gegenübergestellt, die seitliche Abweichungen im Sinne von Skoliosenbildungen aufwiesen, bei denen also die statischen Verhältnisse verändert waren. Nach dem allgemeinen Eindruck wurden die Skoliosen in leichtere und stärkere Verkrümmungen eingeteilt.

Die folgende Tabelle gibt Aufschluß über das Untersuchungsmaterial.

TABELLE VI

## Lendenwirbelsäulen

| Alters-<br>klassen | Fälle<br>insges. | Geschlecht |          | seitl. Abweichung |           |          | li- | re- |
|--------------------|------------------|------------|----------|-------------------|-----------|----------|-----|-----|
|                    |                  | männl.     | weibl.   | ohne              | leichtere | stärkere |     |     |
| 0-10 Jhr.          | 7                | 3          | 4        |                   |           |          |     |     |
| 11-20              | 60 (5)           | 33 (4)     | 27 (1)   | 53 (3)            | 4 (1)     | 3 (1)    | 4   | 3   |
| 21-30              | 172 (15)         | 111 (10)   | 61 (5)   | 138 (6)           | 31 (8)    | 3 (1)    | 21  | 13  |
| 31-40              | 257 (20)         | 158 (15)   | 99 (5)   | 208 (10)          | 47 (9)    | 2 (1)    | 33  | 16  |
| 41-50              | 278 (23)         | 173 (8)    | 102 (15) | 220 (14)          | 52 (7)    | 6 (2)    | 30  | 28  |
| 51-60              | 213 (11)         | 114 (8)    | 99 (3)   | 160 (9)           | 43 (2)    | 10       | 35  | 18  |
| 61-70              | 81 (1)           | 41         | 40 (1)   | 70 (1)            | 8         | 3        | 7   | 4   |
| 71-80              | 11               | 7          | 4        | 10                | 1         |          |     | 1   |
| 81-90              | 2                | 1          | 1        | 2                 |           |          |     |     |
|                    | 1081 (75)        | 644 (45)   | 437 (30) | 868 (43)          | 186 (27)  | 27 (5)   | 130 | 83  |
|                    | = 6,9 %          |            |          | = 4,9 %           | = 14,5 %  | = 18,5 % |     |     |

Es standen insgesamt 1081 Lendenwirbelsäulen aus den Jahren 1948 - 1952 zur Verfügung. Die in Klammern gesetzten Zahlen geben wiederum die Anzahl der Fälle an bei denen Schmorlsche Knötchen gefunden wurden. Das Verhältnis des männlichen zum weiblichen Geschlecht war 644 zu 437. 868 Lendenwirbelsäulen wiesen keine seitliche Abweichung auf; bei 186 Fällen war leichte seitliche Verkrümmung erkennbar, und 27 waren stärkere Skoliosen. Schwere Fälle von Verkrümmungen wurden nicht mit in das

Untersuchungsmaterial einbezogen, da sich bei ihnen etwa vorhandene Knorpelknötchen nicht immer feststellen ließen. Von den 213 Skoliosen waren 130 linkskonvex und nur 83 rechtskonvex.

Aus der Tabelle ersieht man, daß der Anteil an Lendenwirbelsäulen mit Schmorlschen Knötchen bei solchen Lendenwirbelsäulen mit leichter seitlicher Abweichung erheblich größer war als bei normalen Lendenwirbelsäulen und bei **schwereren** skoliotischen Veränderungen noch etwas anstieg. In Prozenten ausgedrückt, fanden sich bei normalen Lendenwirbelsäulen in 4,9 %, bei geringen bis leichten Skoliosen in 14,5 % und bei schwereren Skoliosen in 18,5 % der untersuchten Fälle Schmorlsche Knötchen.

Stellt man die Lendenwirbelsäulen ohne seitliche Abweichung denen mit seitlicher Abweichung gegenüber, so ergeben sich folgende Zahlenverhältnisse:

Lendenwirbelsäulen ohne seitliche Abweichung: 868, davon 43 mit Schmorlschen Knötchen (4,9 %).

Lendenwirbelsäulen mit seitlicher Abweichung: 213, davon 32 mit Schmorlschen Knötchen (15 %).

Bei Lendenwirbelsäulen, die im Sinne von Skoliosen verändert waren, fanden sich also Knorpelknötchen 3mal häufiger.

Bei der Errechnung der Durchschnittswerte bezüglich der Lokalisation Schmorlscher Knötchen insagittaler Richtung an den Lendenwirbelsäulen wurden wiederum die Abschnitte, in denen die Knorpelknötchen lagen, addiert und das Ergebnis durch die Summe der gefundenen Knorpelknötchen dividiert. Dabei ergaben sich folgende Werte:

|                       |                    |     |
|-----------------------|--------------------|-----|
| 1. Lendenwirbelkörper | Durchschnittswert: | 5,9 |
| 2. Lendenwirbelkörper | "                  | 5,8 |
| 3. Lendenwirbelkörper | "                  | 6,3 |
| 4. Lendenwirbelkörper | "                  | 6,4 |

Am fünften Lendenwirbelkörper fand sich überhaupt nur zweimal jeweils an der Deckplatte ein Knorpelknötchen, so daß sich hier kein Durchschnitt errechnen ließ.

Die im Röntgenbild von vorn sichtbaren Knorpelknötchen wurden wiederum wie bei den Untersuchungen an der Brustwirbelsäule gemessen. Dabei ergaben sich folgende Resultate:

TABELLE VII

| Abschnitt                     | 1 | 2 | 3 | 4 | 5  | 6  | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-------------------------------|---|---|---|---|----|----|---|---|---|----|
| LWS ohne seitl.<br>Abweichung |   |   | 1 | 3 | 16 | 14 | 2 |   |   |    |
| LWS mit seitl.<br>Abweichung  |   |   | 5 | 7 | 12 | 11 | 3 |   |   |    |

Infolge des kleinen Zahlenmaterials in Tabelle VII läßt sich die Frage, ob bei den Lendenwirbelsäulen mit seitlicher Abweichung die Lokalisation der Schmorlschen Knötchen gegenüber den bei Lendenwirbeln ohne seitliche Veränderung auftretenden Knorpelknötchen verändert ist, nicht beantworten. Allerdings fällt bei den Lendenwirbeln ohne seitliche Abweichung eine etwas stärkere Konzentration der Schmorlschen Knötchen auf die Abschnitte 5 und 6 auf.

### ZUSAMMENFASSUNG UND DISKUSSION

An Hand von Röntgenbildern wurden insgesamt 847 Brustwirbelsäulen und 1081 Lendenwirbelsäulen auf Schmorlsche Knötchen untersucht. Die Untersuchung erstreckte sich im einzelnen auf:

- a) 617 Brustwirbelsäulen ohne Skoliosenbildung, aber mit verschiedenen starker Kyphosierung.
- b) 230 Brustwirbelsäulen mit Skoliosenbildung.
- c) 868 Lendenwirbelsäulen ohne Skoliosenbildung.
- d) 213 Lendenwirbelsäulen mit seitlicher Verkrümmung, wobei eine Einteilung in leichtere und schwerere Fälle erfolgte.

ad a)

Es stellte sich heraus, daß zwischen der Häufigkeit der Schmorlsche Knötchen aufweisenden Brustwirbelsäulen und der Stärke der Brustkyphose eine Beziehung besteht dergestalt, daß mit zunehmender Kyphosierung auch eine Zunahme der Zahl der Knorpelknötchen eintritt. Dies ist nicht vom Alter abhängig, denn in den Altersklassen zwischen 41 und 50 Jahren ist das Verhältnis der Brustwirbelsäulen mit Knorpelknötchen zu den Brustwirbelsäulen insgesamt nicht anders als in den Altersklassen zwischen 21 und 30 Jahren. In beiden Fällen kommen etwa die gleichen Verhältniszahlen von 8 zu 1 zustande.

Die Methode zur Messung der Kyphose erhebt nicht Anspruch auf absolute Genauigkeit; es ist möglich, daß in einzelnen Fällen kleine Fehler aufgetreten sind, die aber mit Bestimmtheit nicht mehr als 1 mm vom wirklichen Wert abweichen, und die sich bei der Vielzahl der Röntgenaufnahmen wieder ausgeglichen haben dürften. Sie würden außerdem bei den in Tabelle II errechneten Ergebnissen keineswegs ins Gewicht fallen, da hier "s" in größeren Werten angegeben ist.

ad b)

Bei den Brustwirbelsäulen mit Skoliosen fand sich ein weitaus höherer prozentualer Anteil an Wirbelsäulen mit Schmorlschen Knötchen, als bei den Brustwirbelsäulen ohne Skoliosenbildung. Er beläuft sich im Durchschnitt auf 28,7 % gegenüber 14,4 % bei den Brustwirbelsäulen ohne seitliche Verbiegungen.

Bezüglich der Lokalisation der Knorpelknötchen im Wirbelkörper konnte bei den Brustwirbelsäulen mit verschiedenen starken Kyphosen ein leichter Unterschied in der sagittalen Ebene festgestellt werden, bei den skoliotisch veränderten Brustwirbelsäulen, die diesbezüglich in der Frontalebene untersucht wurden, jedoch nicht.

ad c) und d)

Die Untersuchungen an den Lendenwirbelsäulen ergaben, daß solche mit seitlichen Verbiegungen häufiger Schmorlsche Knötchen aufwiesen als normale Lendenwirbelsäulen.

Die Untersuchungen beweisen, daß die statischen und damit die Druckverhältnisse von Einfluß auf das Auftreten von Knorpelknötchen sind. Je mehr die statischen Verhältnisse an den Wirbelsäulen von der normalen Form abweichen, sei es durch verstärkte Kyphosen oder Skoliosen, umso häufiger und leichter treten auch Schmorlsche Knötchen in den Wirbelkörpern auf. Die Ergebnisse an den Brustwirbelsäulenuntersuchungen lassen den Schluß zu, daß die Statik bis zu einem gewissen Grade auch dafür verantwortlich gemacht werden kann, an welcher Stelle im Wirbelkörper das Knorpelknötchen auftritt.

## LITERATURANGABEN

1. H. Hamperl,                   Lehrbuch der allg. Pathologie u. d. patholog.  
Anatomie 735 (1954)
  
2. G. Schmorl und H. Junghanns,  
Die gesunde und die kranke Wirbelsäule in  
Röntgenbild und Klinik.  
Verlag G. Thieme Stuttgart 1953
  
3. G. Schmorl,                   Verhandl. d. deutschen orthop. Gesellschaft  
3 (1927)  
  
Klin. Wochenschrift 1243 (1929)  
  
Archiv f. klin. Chir. 240 (1932)  
  
Zentralblatt f. Chir. 2305 (1928)  
  
Fortschr. Röntgenstr. 265 (1928)
  
4. H. Junghanns,               Langenbecks Archiv für klin. Chirurgie  
267, 393 (1951)
  
5. R. Schwabe,                 Virchows Arch. 651 (1933)
  
6. F. Schajowicz,              Soc. piemontese di chir. 142 (1934)
  
7. H. Luschka,                 Die Halbgelenke d. menschl. Körpers  
Verlag G. Reiner, Berlin (1858)
  
8. H. Übermuth,               Arch. f. klin. Chir. 567 (1929)
  
9. J. Calve et M. Galland ,     J. Bone and Joint Surg. 555 (1930)
  
10. O. A. Beadle,               Medical Research Council. Special rep.  
series no. 161, (1931)
  
11. N. R. Smith,                Brit. J. Surg. 358 (1931)
  
12. D. C. Keyes and Compere E. L.,  
J. Bone and Joint Surg. 897 (1932)

13. F. K. Bradford and R. G. Spurling,  
The intervertebral disc. Charles C. Thomas  
Publisher Springfield (1947)
14. R. Böhmig, Arch. klin. Chir. 158 (1930)
15. K. Lindemann u. H. Kuhlendahl,  
Die Erkrankungen d. Wirbelsäule  
Verlag F. Enke, Stuttgart (1953)
16. A. Prader, Acta anat. Basel 3, 115 (1947)
17. A. Jung und A. Brunschwig,  
Presse Med. 40, 316 (1932)
18. P. G. Roofe, Arch. Neurol. & Psychiatr. 44, 100 (1940)
19. J. Püschel, Beitr. z. path. Anatomie und z. allgem.  
Pathologie 123 (1930)
20. P. Erlacher, Zeitschr. f. Orthop. 40 (1951)
21. A. Ott, Zeitschr. f. Orthop. 577 (1954)
22. C. H. Shelden, Naval Med. Bull. 1107 (1944)
23. C. K. Petter, J. Bone and Joint Surg. 365 (1933)
24. J. S. Barr, J. Bone and Joint Surg. 323 (1937)
25. Coventry Ghormley und Kernohan,  
J. Bone and Joint Surg. 105, 233,  
460 (1945)
26. B. Simons, Röntgendiagnostik der Wirbelsäule  
Verlag G. Fischer Jena (1939)
27. W. Müller, Pathol. Physiologie der Wirbelsäule  
Verlag J. A. Barth Leipzig (1932)
28. Dittrich, Verhandlungen dtsch. orthopäd.  
Gesellschaft 295 (1928)
29. R. Böhmig und R. Prévôt,  
Fortschr. Röntgenstr. 43 (1931)

30. R. Böhmig, Arch klin. Chir. 158 (1930)
31. P. Pitzen, Kurzgefaßtes Lehrbuch d. orthopäd. Krankheiten  
Verlag Urban u. Schwarzenberg München-Berlin  
(1957)
32. O. Stracker, Zeitschr. f. Orthop. 368 (1949)
33. Semm, Verhandlungen d. dtsh. orthop. Gesellsch.  
84 (1954)
34. G. Burdzik und K. Wuensch,  
Zeitschr. f. Orthop. 591 (1954)

Herrn Professor Dr. med. M. PÖSCHL  
möchte ich meinen aufrichtigen Dank  
für die Überlassung der Arbeit und für  
die Übernahme des Referates aussprechen.

## LEBENS LAUF

Geboren am 27.4.1932 in Karlsbad-Meierhöfen als Sohn des Verw.-Oberinspektors Josef Glassl, besuchte ich zunächst die Volks- und Oberschule für Jungen in Karlsbad. Nach der Vertreibung aus dem Sudetenland kam ich nach Amberg und legte im Jahre 1952 an der dortigen Oberrealschule die Reifeprüfung ab. Mein Medizinstudium, das ich noch im selben Jahr begann, führte mich nach Erlangen und München, so ich mich im Frühjahr 1958 mit Erfolg dem Medizinischen Staatsexamen unterzog. Zur Zeit bin ich als Medizinalassistent am Städtischen Marienkrankenhaus in Amberg tätig.







